

Identificación y categorización de dificultades de lectocomprensión en enunciados de problemas de lápiz y papel de estequiometría

María Soledad Martínez¹, Ana Lia De Longhi²

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba

¹ smartinez@com.uncor.edu ² analiadelonghi@yahoo.com.ar

[Recibido en marzo de 2012, aceptado en febrero de 2013]

La lectocomprensión de un texto de ciencias requiere por parte del lector un conjunto de demandas particulares. El hecho de dominar la habilidad lectora no significa necesariamente poder comprender correctamente lo que se lee, particularmente en los textos de química cuya comprensión implica que el lector debe, además poseer los conocimientos previos sobre el tema y el vocabulario propio de la disciplina además de manejar el código propio de la química, un lenguaje con sus propias reglas que suele ser un obstáculo importante en la comprensión de los mismos. En este trabajo se indagará acerca de las dificultades de lectocomprensión en alumnos de las carreras de Ingeniería pertenecientes a la Universidad Nacional de Córdoba cuando se enfrentan con los textos de problemas de lápiz y papel de Estequiometría.

Palabras clave: Química; Problemas de lápiz y papel; Estequiometría; Dificultades de lectocomprensión.

Identification and categorization of reading-comprehension difficulties in statements of pencil and paper problems about stoichiometry

Reading and comprehension of a science text requires some special abilities. Mastering the reading process not only involves the reading mechanics but also the interpretation of the message in the text. This is particularly significant when considering chemistry texts which cannot be understood without the reader's previous knowledge about the topic, specific discipline vocabulary and familiarity with the chemical code, a language with its own rules, which often represents an obstacle for the students' comprehension. This article focuses on the reading comprehension difficulties of stoichiometry problems showed by engineering students of the National University of Cordoba.

Keywords: Chemistry; Pencil and paper problems; Stoichiometry; Reading Comprehension difficulties.

Introducción

Los ingresantes a la universidad se ven inmersos en una cultura académica diferente de la del Nivel Medio, siendo esta transición la causa de muchas dificultades para estos alumnos. Un obstáculo frecuente que encuentran muchos ingresantes y aún alumnos en los primeros años de las distintas carreras universitarias, es un serio déficit en las habilidades de lectocomprensión de los textos propios de este nivel educativo. Según Estienne y Carlino (2004), la "madurez" y la "autonomía" que se espera de los lectores universitarios no son logros naturales, sino comportamientos sociales que se adquieren a través de los miembros más experimentados de la nueva cultura a la que desean pertenecer. Por ello consideramos, al igual que estas autoras, que son los docentes de cada disciplina los más indicados para contribuir en la formación lectora de sus alumnos.

Muchos docentes universitarios opinan que sus alumnos "no comprenden lo que leen" o que directamente "no saben leer", atribuyendo estas falencias a una formación deficiente en las habilidades lingüísticas que debieron alcanzarse en el nivel medio. No obstante, la lectura no es una habilidad que se adquiere de una vez y para siempre, sino que se va construyendo de manera continua, siempre en relación al área del conocimiento a la que se asocia dentro de una determinada "comunidad textual". Así, un alumno que ingresa a la universidad, se encontrará,

posiblemente, con textos propios de esa nueva cultura. Es por eso que leer y comprender un texto de ciencias, por ejemplo, requiere por parte del lector un conjunto de demandas particulares. En síntesis, el hecho de dominar la habilidad lectora no significa necesariamente poder comprender correctamente lo que se lee.

La lectocomprensión de los textos propios de una disciplina específica requiere de habilidades de procesamiento diferentes en cada caso. Particularmente, los textos de química cuya comprensión implica que el lector debe, además poseer los conocimientos previos sobre el tema y el vocabulario propio de la disciplina, manejar el código propio de la química, un lenguaje con sus propias reglas que suele ser un obstáculo importante en la comprensión de los mismos (Martínez, 2011).

En el presente trabajo se analiza el fenómeno de la lectocomprensión de los textos que conforman los enunciados de los problemas de química, más específicamente, de estequiometría, ya que son textos que suelen ocasionar problemas de comprensión en los estudiantes que toman cursos de química básica.

La problemática de la lectocomprensión de textos en la enseñanza de las ciencias ha sido ampliamente abordada desde diferentes enfoques por muchos investigadores y es incluso abordada en la última edición del Handbook on Science Education (2007), siendo una línea de investigación con grandes potencialidades.

Ante esta problemática tan extendida surgen cuestiones referidas a las disciplinas específicas y sus textos, así como a las dificultades de los alumnos para leerlos y comprenderlos.

En este trabajo se indagará acerca de las dificultades de lectocomprensión en alumnos de las carreras de Ingeniería pertenecientes a la Universidad Nacional de Córdoba cuando se enfrentan con los textos de problemas de lápiz y papel de Estequiometría.

Los textos de los problemas de estequiometría

En la enseñanza de las ciencias, y por supuesto en la Química, es común la utilización de actividades en formato escrito, algunas de las cuales involucran cálculos matemáticos y en los que se aplican conceptos propios de la disciplina, estas actividades suelen llamarse problemas de lápiz y papel (Gil Pérez, 1988).

Para aclarar los alcances del término se dirá, concordando con Hayes (1980), que un problema es una situación a resolver para la cual no se dispone, a priori, de un plan de resolución. Es así entonces que una misma actividad puede representar un problema para algún alumno mientras que para otro es sólo un ejercicio. A propósito, Bodner y Herron (2002) señalan que definir una tarea determinada como un problema es el resultado de una sutil interacción entre la tarea propuesta y los intentos de un determinado alumno por resolverla.

Cuando un sujeto intenta resolver un problema, debe elaborar una estrategia para hacerlo, sin saber exactamente cómo, tarea de gran demanda cognitiva para la persona. Para comprender mejor cómo se da este complejo proceso en la resolución de un problema de lápiz y papel (en formato escrito y con cálculos) Koedinger y Nathan, (2004) proponen dividirlo en dos fases: una primera fase durante la cual el sujeto construye las representaciones internas que le permitirán entender la situación planteada, llamada de comprensión y en segunda instancia una fase de solución en la que utilizando estas representaciones internas y/o externas (lo que escribe) el sujeto operará para arribar a una respuesta. Debe aclararse que a pesar de delimitarse estos momentos para el estudio del proceso de resolución de problemas, ellos no ocurren de manera aislada ni estrictamente secuencial, sino que se van imbricando entre sí en sucesivos ciclos de comprensión-operación, que culminarían con la solución final.

Como puede suponerse, la fase de comprensión de estos problemas requiere del procesamiento de la información verbal y/o simbólica proporcionada en él, siendo la lectura, por tanto, el primer contacto del alumno con el problema y la comprensión del texto, el primer obstáculo que podría encontrar al acometer la solución (Sánchez Giménez, 1995). Así, el grado de fidelidad con que el alumno logre decodificar el mensaje del enunciado, condicionará su posibilidad de resolver exitosamente el problema (Nathan y Kintsch, 1992).

La lectocomprensión de los enunciados de problemas

Para la psicología cognitiva, la comprensión se alcanza cuando el sujeto construye representaciones mentales apropiadas del objeto percibido (Jonhson-Laird, 1980). La comprensión constituye un proceso de alto nivel en el cual intervienen diversos sistemas de memoria y atencionales, procesos de codificación, percepción y operaciones inferenciales, sustentadas en los conocimientos previos y en factores contextuales.

En una comunicación verbal, oral o escrita, la comprensión se logra cuando el sujeto ha logrado construir las representaciones mentales más adecuadas, haciendo propio el mensaje del emisor. En el caso del texto ello ocurre mediante un proceso de decodificación de signos lingüísticos escritos, conocido como lectura. La lectocomprensión de textos es explicada por varios modelos entre los cuales se destaca el Modelo Estratégico Proposicional, de van Dijk y Kintsch (1983), modelo que es ampliamente aplicado a trabajos dentro del área de la enseñanza de las ciencias.

Estos autores proponen que la comprensión del texto ocurre en tres niveles de complejidad y profundidad crecientes. En primer lugar ocurren procesos superficiales de procesamiento del texto como el input visual, el acceso al léxico y el reconocimiento sintáctico, que se cristalizan en la elaboración del texto base o microestructura. Psicológicamente, la elaboración de esta representación equivale a decir que el texto tiene una cierta coherencia que lo hace inteligible. Luego siguen etapas de procesamiento más profundo, en las que el lector pone en juego sus conocimientos para elaborar la macroestructura, una representación de la estructura simplificada del texto. Finalmente, el lector puede enriquecer esta representación con elementos no explicitados en el texto que provienen de sus conocimientos, creando de esta forma otra representación cognitiva más amplia llamada modelo situacional que representa los actores, los acontecimientos y los objetos que constituyen la situación planteada en el texto (van Dijk, 1994). En cuanto a la comprensión de los enunciados de los problemas que involucran cálculos, Nathan y Kintsch (1992) proponen que el lector debe construir una representación de mayor nivel que el modelo situacional, llamada el modelo del problema, representación que incluye las relaciones formales entre las variables presentadas en el texto.

Metodología

Considerando que la comprensión del enunciado es, para el alumno, un condicionante tan importante, se plantea la necesidad de conocer más acerca de la naturaleza y el origen de los factores que la obstaculizan ya que, en última instancia, dificultan el aprendizaje. Cabe preguntar entonces cuáles son exactamente las dificultades con las que se encuentra un alumno al leer el enunciado de un problema y de qué manera pueden detectarse y caracterizarse y por otra parte, qué indicadores podrían utilizarse para evidenciar las fallas en la lectocomprensión.

Para responder el primero de los interrogantes, se construyeron categorías de posibles dificultades de lectocomprensión tomando como referencia al modelo de comprensión del discurso de van Dijk y Kintsch, en donde cada categoría de dificultad se relacionó a la

posibilidad del lector para construir las representaciones mentales necesarias para la comprensión, descritas en este modelo. Luego, considerando a cada categoría se prepararon indicadores que permitieran evidenciar las dificultades de lectocomprensión de los alumnos que participaron en el estudio (Tabla 1).

Los indicadores planteados se utilizaron en la construcción de un cuestionario que fue administrado a la totalidad de alumnos de 1° año ($n=318$) de las de las 9 carreras de Ingeniería en la Universidad Nacional de Córdoba que se hallaban cursando la materia Química Aplicada. En esta instancia, a cada alumno se le proporcionó serie de enunciados extraídos de la Guía de Seminarios de la materia y, a partir de la lectura de los mismos, debían señalar aquellos indicadores que les provocaban dificultades para la lectocomprensión de cada enunciado. Se calcularon las frecuencias con que cada alumno señalaba cada indicador y con los estos datos se construyeron gráficos de distribución. Para asegurar la validez de las categorías, se realizó una triangulación de los datos obtenidos en el cuestionario, con registros de sesiones de razonamiento en voz alta. Se le proporcionó a cada sujeto un enunciado para que narre en voz alta sus ideas a medida que leía. Las ideas expresadas implican una reflexión metacognitiva por parte del sujeto acerca de su comprensión, de modo que, a través de sus dichos se obtiene información acerca de los procesos de pensamiento involucrados en el proceso. Para dicha etapa se tomó una muestra intencional de 9 alumnos que concurrían regularmente a las clases de resolución de problemas, quienes prestaron colaboración plena para realizar las sesiones de razonamiento en voz alta. Se grabaron los dichos de estos alumnos mientras leían los enunciados de los mismos problemas que se utilizaron en la resolución de cuestionario. Las sesiones fueron transcritas y luego analizadas aplicando las categorías de análisis ya mencionadas identificando los indicadores en los transcritos. Para aumentar la credibilidad del análisis, el mismo fue efectuado también por un experto (triangulación de investigadores).

Tabla 1. Categorías e indicadores de las dificultades de lectocomprensión y representaciones mentales asociados a cada una.

CATEGORÍAS	Indicadores	Representación mental afectada
La estructura del texto	Longitud del escrito	Texto base
	Ordenamiento. Secuencia.	Texto base
	Distractores	Texto base y macroestructura
	Acompañado con representaciones gráficas	Macroestructura y modelo situacional
El contenido del texto	Lenguaje científico. Uso de términos específicos.	Texto base.
	Lenguaje Cotidiano. Polisemia.	Texto base, macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Formulación química.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Conocimientos previos incompleto o fragmentados.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Ausencia de conocimientos previos sobre el tema.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
Los procesos de resolución	Escritura de ecuaciones químicas.	Modelo del problema
	Herramientas matemáticas: Relaciones de proporcionalidad.	Texto base y modelo del problema
	Uso de unidades	Texto base

Resultados y discusión

En una primera instancia se calcularon las frecuencias porcentuales reportadas por toda la población de alumnos relevada ($n=318$) para cada indicador.

Los resultados del análisis se resumen en el gráfico 1 de distribución de frecuencias.

A fin de facilitar la lectura de los gráficos de distribución se explicitan las referencias correspondientes en la tabla 2.

Luego, se analizaron los transcritos obtenidos en las sesiones de razonamiento en voz alta y se exponen fragmentos de los dichos de los alumnos participantes.

Tabla 2. Relación entre categorías de análisis, indicadores y referencias en los gráficos.

Categorías	Indicadores	Número indicado en el gráfico
La estructura del texto	Longitud del escrito	1
	Ordenamiento. Secuencia.	2
	Distractores	3
	Acompañado con representaciones gráficas	4
El contenido del texto	Lenguaje científico. Uso de términos específicos.	5
	Lenguaje Cotidiano. Polisemia.	6
	Formulación química.	7
	Conocimientos previos incompletos o fragmentados.	8
	Ausencia de conocimientos previos sobre el tema.	9
Los procesos de resolución	Escritura de ecuaciones químicas.	10
	Herramientas matemáticas.	11
		12
	Uso de unidades	13

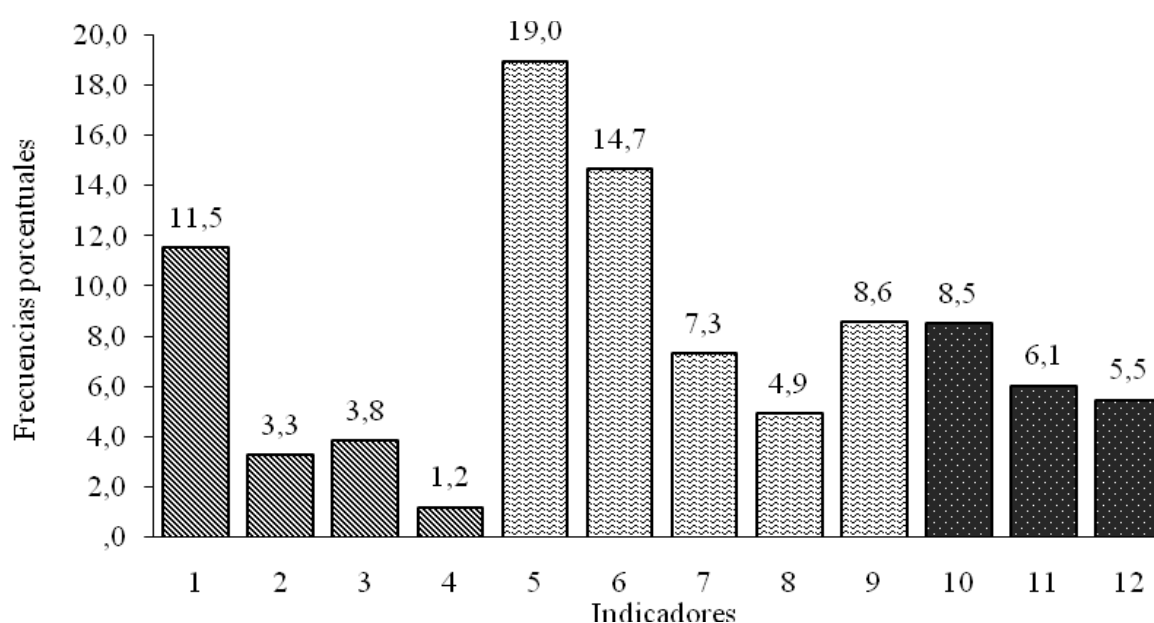


Gráfico 1. Frecuencias porcentuales de todas las dificultades comunicadas por los alumnos que respondieron al cuestionario

Dificultades basadas en la estructura del texto

La estructura del texto se relaciona con factores morfológicos y sintácticos del texto y por lo tanto las dificultades originadas en estas características resultarían un obstáculo en la construcción del texto base o significado literal del texto afectando a las representaciones mentales de mayor profundidad.

Dentro de esta categoría el indicador más señalado por los alumnos como fuente de dificultad fue la longitud del texto, observándose una frecuencia porcentual de 11,5 % contra una frecuencia de 8,3%, acumulada entre los demás indicadores de la categoría. Es decir que más de la mitad de las dificultades indicadas por los alumnos en esta categoría muestran a la longitud del enunciado como obstáculo. Pareciera entonces que la extensión del texto es en sí misma un obstáculo, independientemente de otras características morfosintácticas. Puede citarse un sugestivo comentario consignado por uno de los alumnos como observación en el cuestionario y en referencia a uno de los enunciados propuestos que era particularmente extenso: “Ni si quiera me molestaría en leer este problema”. Las frecuencias obtenidas para este indicador y este tipo de comentarios observados en algunos cuestionarios sugieren que el solo hecho de enfrentarse a un texto extenso desanima a la lectura y constituye un obstáculo para el proceso global del lectocomprensión, aun antes de haber comenzado el mismo.

El análisis de las sesiones de razonamiento en voz alta corroboraron estos hallazgos. Los alumnos que trabajaron con enunciados extensos interrumpieron la lectura antes de finalizar el texto. Frente a la intervención de la entrevistadora, no mostraron interés en continuar y expresaron su dificultad ante la longitud del texto, como se ve en el siguiente ejemplo: “Entrevistador: ¿Lo terminarías de leer?” “Alumno: No (Risas) O sea...Como que tiene... Son...Es muy largo...”

En comparación con la longitud del texto, los demás indicadores de la categoría (ordenamiento del texto, distractores y acompañamiento de representaciones gráficas) fueron señalados con poca frecuencia por los alumnos, dando cuenta de un 8,1 % de las dificultades señaladas para la categoría. Esto también se vio reflejado en las sesiones de razonamiento en las cuales los alumnos participantes evidenciaron pocas dificultades con estos indicadores.

Dificultades asociadas al contenido del texto

Esta categoría acumula más de la mitad de todas las dificultades de lectocomprensión señaladas por los alumnos (un 54,5%). Las dificultades más frecuentemente señaladas dentro de la categoría corresponden a un déficit en cuanto a los conocimientos de estequiometría, reuniendo un 33% de las dificultades totales. Esto muestra la importancia que tienen los saberes acerca del tema del texto para que el lector pueda construir las representaciones mentales que le permitirán entenderlo. De acuerdo al M.E.P., los procesos descendentes, en los que el lector pone en juego sus propias representaciones mentales relevantes al texto o conocimientos previos, son necesarios para la construcción de un modelo situacional adecuado. De no existir estos saberes, el lector sólo podrá construir el texto base o a lo sumo un modelo situacional incompleto o irrelevante al mensaje del texto (van Dijk, 1994). Además, los conocimientos previos del lector son necesarios para establecer las relaciones formales entre los datos y la incógnita que le permitirán elaborar el modelo del problema. Otros investigadores como Solaz-Portolés y Sanjosé (2008), también señalan la influencia de los conocimientos previos sobre la lectocomprensión.

En las sesiones de razonamiento en voz alta, los conocimientos previos fueron muy poco señalados como fuente de dificultad. Esto se explica porque los registros se tomaron dos semanas después de tomado el cuestionario, y en ese momento, ya habían pasado por una

instancia de evaluación de la unidad Estequiometría. Los 9 alumnos participantes aprobaron esta instancia, por lo que se esperaba que los conocimientos previos no fueran ya un obstáculo para la lectocomprensión. No obstante en un caso, una alumna manifestó lo siguiente *“Por ahí me confunde un poco. (...) Pero es por el hecho de que también yo no tengo bien los conceptos... Bien estudiados...”*. Los conocimientos que tiene al respecto no son suficientes para lograr la comprensión cabal del texto, lo cual exhibe, una vez más, la importancia de los saberes previos en la lectocomprensión

El segundo indicador más frecuentemente señalado por los alumnos fue aquel relacionado a las fórmulas y nomenclatura química, dando cuenta del 8,6% de las dificultades totales. El lenguaje de la química genera en los estudiantes problemas de comprensión relacionados sin duda, con los conocimientos previos de química y con el vocabulario, pero con una identidad propia. Es sabido que existen alumnos capaces de resolver correctamente los cálculos proporcionales asociados a problemas de estequiometría y que, sin embargo, siguen encontrando dificultades para comprender el significado de las fórmulas químicas y de la nomenclatura de compuestos. Estos obstáculos que genera el código químico son descriptos por otros autores como Bekerman y Galagovsky (2009) y Taber (2009). En las sesiones de razonamiento en voz alta, el código químico también fue un obstáculo importante en la lectocomprensión, como puede verse en este ejemplo: *“En realidad... Bueno... La fórmula... No sé sacar qué compuestos... No sé los nombres de los compuestos...”* dijo la alumna. Esta relación entre la fórmula química y el nombre del compuesto parece primordial para la comprensión, aun cuando los nombres no fueran necesarios para resolver numéricamente el problema. Una vez que los alumnos lograban inferir los nombres asociados a las fórmulas, su comprensión mejoraba. Tal como esta otra alumna quien comenzó la lectura así: *“Se obtuvieron 27,216 toneladas de... Ehhh... enebache cuatro Ehh..., Sulfato... bueno... Sulfato de amonio como fertilizante según la siguiente ecuación”* finalmente, cuando pudo decir el nombre de la sustancia, prosiguió y hasta pudo expresar un plan de resolución correcto para el problema. Al tener nombre, esa fórmula deja de ser un simple símbolo y se convierte en una sustancia concreta que puede relacionar con sus conocimientos. Conocer los nombres de los compuestos proporciona al lector un referente sensible que le permite elaborar las primeras representaciones de significado.

Las dificultades asociadas al vocabulario técnico de la química fueron señaladas en un 7,3% mientras que aquellas referidas a la sinonimia entre el vocabulario cotidiano y el científico acumularon el 4,9% del total de dificultades. En comparación con los demás indicadores de la categoría, estos últimos no parecieron ser percibidos por los estudiantes en gran medida como obstáculos para su comprensión.

Dificultades asociadas a los procesos de resolución

Para muchos docentes las mayores dificultades de los alumnos en la resolución de un problema están en la fase de solución del mismo; es decir, cuando el alumno efectúa la formalización matemática necesaria, y opera para, eventualmente, hallar una solución¹. No obstante, esta fase de solución comienza durante la fase de lectocomprensión, es decir, antes de que el alumno empiece a escribir el planteo del problema, ya que la construcción del modelo mental del problema requiere del modelo situacional del texto y de la representación mental de las relaciones formales entre las variables que intervienen. Es así que muchas dificultades que tienen los alumnos en la fase de solución del problema se originan en fallas de

¹ Recuérdese que el proceso de resolución de problemas consta de una fase de comprensión y de una fase de solución.

lectocomprensión del enunciado, más que en dificultades asociadas a las operaciones matemáticas utilizadas.

La categoría “Dificultadas asociadas a procesos de resolución” acumuló un 25,7% de las dificultades totales. Los indicadores de esta categoría se relacionan con los problemas que los alumnos pueden tener para construir una representación mental del plan de resolución y del planteo del problema. Una cuarta parte de las dificultades que señalaron los alumnos correspondieron a esta categoría, lo cual muestra su relevancia.

El indicador de esta categoría señalado con mayor frecuencia por los alumnos es el referido al planteo de ecuaciones químicas (8,5%). Las dificultades para plantear una ecuación química o interpretar una ecuación dada, es percibida por los estudiantes como una dificultad para la lectocomprensión. Ello se debe a que la ecuación química forma parte del modelo del problema, en tanto representa la formalización de las relaciones entre los reactivos y productos, a través del lenguaje simbólico de la química. Así, si el alumno no logra plantear mentalmente la ecuación química o falla al interpretar una ecuación que ya está explícita en el texto, tendrá dificultades en la elaboración del modelo de problema y por tanto en la comprensión del mismo. Ello se vio corroborado durante las sesiones de razonamiento en voz alta, en las los alumnos participantes tuvieron problemas para plantear las ecuaciones químicas y aun hasta interpretarlas, en los casos en que las ecuaciones se explicitaban en el texto: *“Y bueno, las reacciones que me está dando tampoco las... Las ecuaciones químicas tampoco las conozco... Ni siquiera tengo la más mínima idea de cómo calcular...”*

El porcentaje de alumnos que señalaron tener dificultades originadas en las herramientas matemáticas fue de un 6,1%. En general los estudiantes de 1º año de las carreras de ingeniería manejan bien el cálculo proporcional, herramienta usualmente utilizada en la resolución de este tipo de problemas, por lo cual, tal como lo muestran las frecuencias calculadas, las herramientas matemáticas no parecen ser un obstáculo en la comprensión del enunciado. Ninguno de los alumnos que participaron de las sesiones de razonamiento manifestó dificultades con las herramientas matemáticas que debía utilizar. Incluso algunos indicaron explícitamente que debían utilizar el cálculo con proporciones (regla de tres) tal como lo expresa este alumno: *“te pide calcular el número de moles que hay en los diez gramos... O sea podemos hacer una regla de tres simple...”* No obstante, mostraron problemas para incluir las operaciones mencionadas en una estructura conceptual coherente con la estequiometría, es decir para elaborar el modelo del problema.

Estos resultados confirman que el obstáculo en la resolución se origina antes del planteo de las operaciones matemáticas sobre el papel, ocurre al momento de escribir o interpretar la ecuación química, que es el marco conceptual para los cálculos de las proporciones de reactivos y productos que participan en la reacción.

Los alumnos también señalaron, en menor proporción (un 5,5 %) problemas relacionados a la comprensión de las unidades de medición. Esto coincide con los resultados obtenidos por Massa, Llonch, D’Amico, Hadad y Cabanellas (2000) en un estudio realizado en la Provincia de Santa Fe en el ciclo de Enseñanza Polimodal. En coincidencia con estos resultados, una de las alumnas que participó en las sesiones de razonamiento dijo: *“Este problema yo no lo pude hacer porque no pude pasar acá lo de metro... Eh... cúbico... Eso no lo había podido resolver. (...) me confunde un poco... El hecho de que da acá el valor en toneladas y eso...”*

Mención aparte merece la confusión que suscitan la magnitud “cantidad de sustancia”, la unidad “mol”, la “unidad de masa atómica” y la masa atómica absoluta. Tal como le ocurre a este alumno quien pretende que la masa de una molécula puede expresarse en moles, confundiendo así a la cantidad de sustancia con la masa: *“Después la masa de una molécula*

expresada en gramos...Ehh puede ser cuando expresamos la masa de una molécula en gramos...Ehh... Podemos expresarla en u.m.a., unidad de masa atómica y si no en moles también” Dificultades similares con estos términos químicos son citadas por Furió et al. (2002).

Conclusiones

La metodología utilizada permitió detectar las dificultades de lectocomprensión informadas por los alumnos participantes al leer enunciados de estequiometría. Las dificultades detectadas pudieron ser incluidas dentro de las categorías elaboradas y probadas en esta tesis, las cuales se sustentan en el MEP.

Los alumnos participantes fueron sensibles a los indicadores propuestos para cada categoría; es decir, pudieron ser identificados como fuentes de dificultad en la lectocomprensión. No surgieron en el estudio indicadores diferentes a los propuestos se deduce entonces que fueron abarcadas la totalidad de posibles dificultades de lectocomprensión que podían tener los sujetos.

El análisis de las sesiones de razonamiento en voz alta permitió confirmar las categorías e indicadores surgidos del cuestionario, ya que todos ellos estuvieron representados en las expresiones de los alumnos que participaron. Así esta triangulación metodológica permitió otorgar una mayor credibilidad a las categorías e indicadores surgidos del estudio.

Como puede verse, las dificultades de lectocomprensión de estos alumnos no se relacionan en general con la mera habilidad lectora, sino que tienen causas diversas, relacionadas con el texto, con la química como disciplina y con los procesos de resolución que exigen los enunciados de los problemas. Es decir que la lectocomprensión de un texto no es una habilidad generalizable que sea válida para cualquier texto y en cualquier contexto, sino que se entrelaza íntimamente con muchos aspectos de ambos.

Los resultados obtenidos en las dos instancias de recolección de datos (cuestionario y razonamiento en voz alta) mostraron que la mayor fuente de dificultades de lectocomprensión en los textos en estudio se originaba en deficiencias de conocimientos previos sobre estequiometría. Así, la mayor parte de los alumnos relevados (tanto a través del cuestionario como en el estudio en profundidad) señalaron que la ausencia de conocimientos previos y su falta de funcionalidad (no podían activarlos o utilizarlos) constituía la mayor fuente de dificultad en la lectocomprensión. Es conocida la influencia del conocimiento que puede tener un lector acerca del tema que trata el texto sobre la comprensión lectora, tal como lo señalan van Dijk y Kintsch (1983), Téllez (2005), Campanario y Otero (2000), entre otros.

Los resultados obtenidos permitirían proponer estrategias didácticas en las cuales la lectocomprensión forme parte del proceso de resolución de problemas, siendo un punto importante la activación de conocimientos previos de los alumnos que puedan proporcionarles una representación mental que le permita enmarcar el significado del texto. Esto será abordado en trabajos posteriores.

Referencias bibliográficas

- Abell, S. K. y Lederman, N. G (2007). *Handbook of research on science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Bodner, G. M. y Herron, J. D. (2002). Problem-solving in chemistry. In K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust y J. H. Van Driel (Eds.) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 235–266). Alemania: Kluwer Academic Publishers.

- Campanario, J. M. y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En: F. J. Perales y R. Porlán (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 323-338). Alcoy: Editorial Marfil.
- Estienne, V. M., Carlino, P. (2004). Leer en la universidad: Enseñar y aprender en una cultura nueva. *Uni-pluri/versidad*, 4(3), 1-13.
- Furió, C., Azcona, R. y Guisasola, J. (2002). Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 229-242.
- Galagovsky, L y Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 8(3), 952-975.
- Gil Pérez, D. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la escuela*, 6, 3-20.
- Hayes, J. (1980). Introduction. En: *The complete problem solver* (2da edición) (p. 1). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Johnson-Laird, P. N. (1980). Mental models in cognitive science. *Cognitive science* (4), 71-115.
- Koedinger, K. R. y Nathan, M. J. (2004). The Real Story Behind Story Problems: Effects of Representations on Quantitative Reasoning. *The journal of the learning sciences*, 13(2), 129-164.
- Massa, M., Llonch, E., D'Amico, H., Addad, R. y Cabanellas, S. (2000). *Estudio diagnóstico para el aprendizaje de los conceptos físicos en escuelas medias en contextos socio-económicos desfavorables*. Ponencia en IX Conferencia Inter Americana sobre Educación en Física, IX Inter American Conference on Physics Education, Noviembre. San José, Costa Rica.
- Martínez, M. S. (2011). *Identificación y categorización de las dificultades en la lectura y comprensión de los enunciados de problemas de estequiometría en Química Aplicada*. Tesis de maestría. En prensa.
- Nathan, M. J.; Kintsch, W. (1992). A theory of algebra word problem comprehension and its implications for unintelligent tutoring systems *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.
- Otero, J.; Campanario, J. M. (1990). "Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts" *Journal of Research in Science Teaching*. 27(5), 447-460.
- Pozo, J. I.; Gómez Crespo, M. A. (1998). El aprendizaje de la química. En: *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (pp. 149-201). Madrid: Ediciones Morata, S. L.
- Sánchez Giménez, J. M. (1995). Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique* 5, 113-119.
- Solaz-Portolés, J. J. y Sanjosé López, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1). Recuperado el 26 marzo de <http://redie.uabc.mx/vol10/no1/contenido-solaz.html>
- Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. En: J. K. Gilbert y D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education* (pp. 75-108). Dordrecht: Springer.
- Téllez, J. A. (2005). *La comprensión de los textos escritos y la psicología cognitiva. Más allá del procesamiento de la información*. Madrid: Dykinson.

- Van Dijk, T. A. (1994). Modelos en la Memoria. El papel de las representaciones de la situación en el procesamiento del discurso. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2(1), 39-55.
- Van Dijk, T.A. y Kintsch, W. (1983). *Strategies of Discourse Comprehension*. London: Academic Press.

Anexos

Algunos enunciados de problemas utilizados para este trabajo.

Enunciado 3

La masa atómica relativa del oxígeno es 16 y el del nitrógeno 14. Se puede afirmar que en un mol de O_2 ...

1. Hay el mismo número de átomos que en 14 g de N_2
2. Hay 2 moles de átomos de oxígeno
3. Hay 2 átomos de oxígeno

Enunciado 5

Procedentes del sol chocan con la superficie de la luna 1011 átomos de H_2 por cm^2 y por segundo. ¿Qué peso de hidrógeno se depositará en un m^2 de superficie lunar en 1000 años?

Enunciado 9

En la elaboración industrial de galletas es común que se agreguen $KHC_4H_4O_6$ (crémor tártaro) y $NaHCO_3$ (bicarbonato de sodio), ambos en polvo, para que al hornearlas, estos dos compuestos reaccionen entre sí, liberando CO_2 (dióxido de carbono) gaseoso. Lo que ocurre es que el gas queda “atrapado” dentro de la galleta horneada y eso hace que se esponje. La ecuación que representa la reacción entre los dos compuestos mencionados durante el horneado, es la siguiente:



La industria galletera Bagley sabe que la producción de 7,5 L de CO_2 por cada kg de galletas es suficiente para obtener un esponjado adecuado. Tomando en cuenta las siguientes condiciones:

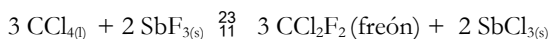
- No debe quedar $NaHCO_3$ (bicarbonato de sodio) en el producto terminado porque altera el sabor.
- El crémor tártaro sólo se puede conseguir en una mezcla comercial, “SPONJEX”, que por cada 100 g contiene 20 g de crémor tártaro y 80 g de leche descremada.
- Se recomienda que en la galleta horneada permanezca un residuo de 0.7% en peso de crémor tártaro, para mejorar su sabor. El horneado se realiza a $240^\circ C$ y 0.73 atm de presión.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se quiere saber:

- a) ¿Cuántos gramos de SPONJEX y de $NaHCO_3$ (bicarbonato de sodio) con 95% de pureza que deben emplearse en la formulación para preparar 20 Kg. de galletas de la mejor calidad?
- b) ¿Cuál será el porcentaje en peso de ambos en la formulación? (Se recomienda tomar como base de cálculo 1 kg de galletas)

Enunciado 11

El freón-12, gas empleado en artefactos de refrigeración (heladeras, acondicionadores de aire), se prepara según la siguiente reacción:



Si se mezclan 150 Kg. de CCl_4 (tetracloruro de carbono) con 100 Kg. de SbF_3 (trifluoruro de antimonio) calcule:

- ¿Qué masa (expresada en gramos) de CCl_2F_2 pueden formarse como máximo?
- ¿Qué masa (expresada en gramos) y de qué reactivo sobrarán, una vez que la reacción termine?
- Si el rendimiento fuese de un 75% ¿Qué volumen en CNPT de Freón-12 se obtendría?

El freón-12 ha dejado de utilizarse en los países del primer mundo ya que como otros compuestos orgánicos fluorados, reacciona con el O_3 (ozono) estratosférico descomponiéndolo. Este fenómeno, responsable del adelgazamiento de la capa de ozono tiene lugar según las siguientes ecuaciones

- $CCl_2F_2 \rightarrow Cl\cdot + CClF_2$ $h\nu (\lambda \leq 220 \text{ nm})$
- $Cl\cdot + O_3 \rightarrow O_2 + Cl\cdot$

El $Cl\cdot$ es un radical libre que sirve de catalizador (no se consume ni se produce) en la reacción.

¿Cuántos Kg. de O_3 (ozono) se descompondrían en O_2 (oxígeno molecular) con la cantidad de freón 12 obtenida en el inciso a del problema anterior?